

### Wissenschaftliche Leitung

C. Chiari, Wien  
H. Gollwitzer, München  
J. Grifka, Bad Abbach  
M. Jäger, Essen  
A. Meurer, Frankfurt a.M.  
D. Pape, Luxemburg



Markus Neubauer<sup>1,2</sup> · Stefan Neher<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Zentrum für Regenerative Medizin, Donau Universität Krems, Krems, Österreich

<sup>2</sup> Universitätsklinik für Orthopädie, Universitätsklinikum Krems, Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften, Krems, Österreich

### Zusammenfassung

Die Zahl an Jugendlichen und Kindern im Spitzen- oder hochintensiven Breitensport ist – bezogen auf Industrienationen – im Steigen begriffen. Hochintensives Training kann Überlastungen durch die vermehrte Zugwirkung besonders auf Sehnen- und Muskelinsertionsstellen bedingen. Apophysen als Ossifikationskerne in Sehnen- und Muskelinsertionen sind bei Heranwachsenden besonders vulnerabel für überlastungsbedingte Pathologien. Zentrale Maßnahmen in der Prävention sind eine systematische Trainingsplanung und die Vermeidung mechanischer Überbeanspruchung im Wachstumsalter. Eine exakte Bildgebung ermöglicht die Diagnose von Frühstadien apophysärer Strukturschäden, die in dieser Phase durch Trainingspause und konservative Maßnahmen geheilt werden können.

### Schlüsselwörter

Hochintensives Training · Systematische Trainingsplanung · Mechanische Überbeanspruchung · Wachstumsalter · Bildgebung

Online teilnehmen unter:  
[www.springermedizin.de/cme](http://www.springermedizin.de/cme)

Für diese Fortbildungseinheit werden 3 Punkte vergeben.

### Kontakt

Springer Medizin Kundenservice  
Tel. 0800 77 80 777  
(kostenfrei in Deutschland)  
E-Mail:  
[kundenservice@springermedizin.de](mailto:kundenservice@springermedizin.de)

### Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden Sie im CME-Fragebogen am Ende des Beitrags.

### Lernziele

#### Nach Lektüre dieses Beitrags ...

- können Sie 3 der häufigsten Apophysenkrankheitsbilder und deren Lokalisation an der unteren und oberen Extremität benennen,
- verstehen Sie den zugrunde liegenden Pathomechanismus als Locus minoris resistentiae,
- haben Sie Kenntnis der gängigen Diagnostik und Therapieindikationen.

## Einleitung

Die Zahl an Jugendlichen und Kindern im Spitzen- oder hochintensiven Breitensport ist – bezogen auf Industrienationen – im Steigen begriffen [1, 2]. Diese per se erfreuliche Entwicklung führt aber auch zu einer Erhöhung der **sportassoziierten Verletzungen**. Dieser Umstand erfordert daher immer mehr die Integration eines zielorientierten und professionell ausgearbeiteten Trainings im Kindes- und Jugendalter, um den besonderen Anforderungen des wachsenden muskuloskeletalen Systems in dieser Phase erhöhter Vulnerabilität gerecht zu werden. Denn der aktive und passive Bewegungsapparat wird hier in der Phase der Entwicklung und des Wachstums gefordert. Die aktuelle Literatur zeigt für regelmäßiges, moderates Training einen positiven Effekt auf das psychophysische Gedeihen von Kindern und Jugendlichen [3, 4]. Ein wachsender „body of evidence“ zeigt demgegenüber für hochintensives Training junger Athleten über lange Zeit negative Effekte [1, 5, 6, 7, 8]. Insgesamt muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die meisten Daten zum Thema der apophysären Verletzungen aus Arbeiten stammen, die nicht das höchste Evidenzniveau aufweisen wie Single-Case-Reports oder Case-Series, und somit vermehrt randomisiert kontrollierte Studien zu assoziierten Fragestellungen wünschenswert und notwendig sind [9].

**Hochintensives Training** kann Überlastungen durch die vermehrte Zugwirkung besonders auf Sehnen- und Muskelinsertionsstellen bedingen. Apophysen als Ossifikationskerne in Sehnen- und Muskelinsertionen sind somit bei Heranwachsenden besonders vulnerabel für **überlastungsbedingte Pathologien**.

Diese überlastungsbedingten Pathologien bzw. Apophysenschäden sind großteils sportassoziierte Veränderungen bei Kindern und Jugendlichen [10, 11, 12].

**Apophysenschäden** haben das Potenzial, meist ohne groß einschränkende Restzustände – wie veränderte Gelenkmechanik oder Längenunterschiede – durch Trainingspausen und konservative Therapie auszuheilen. Problematisch können jedoch unerkannte Apophysenverletzungen sein, da sie die sportliche Leistungsfähigkeit verändern und beim Jugendlichen nicht selten den Abbruch der Sportkarriere bedingen [4]. Prävention sowie Früherkennung durch gesicherte Diagnostik durch Ultraschall, Röntgen und Magnetresonanztomographie (MRT) helfen, dieser Fehlentwicklung entgegenzuwirken.

## Pathogenese und Diagnostik

Apophysen können als **sekundäre Ossifikationszentren** im Ansatzbereich von Sehnen verstanden werden. Sie treten in der zweiten Lebensdekade auf, um später mit dem angrenzenden Knochen zu fusionieren [13, 14]. Diese Ossifikationszentren sind mit einer Wachstumsknorpelfuge verbunden, die im Sinne einer Spina Tuberositas konfiguriert und bei Wachstumsabschluss ossifiziert. Anatomisch sind die epiphyseale Wachstumsplatte und die Apophyse ähnlich. Das zentrale Unterscheidungsmerkmal ist deren unterschiedliche Wachstumsrate [15]. Das Auftreten und die Fusion dieser Ossifikationszentren werden deshalb auch in die Wachstumsprognose als mögliche Parameter der biologischen Altersbestimmung herangezogen.

## Apophyseal injuries in sports

The number of adolescents and children in elite and high-intensity mass sports is increasing, with respect to industrial nations. High-intensity training can cause overload due to the increased traction effect, particularly on tendon and muscle insertion sites. Apophyses are the center for ossification in tendon and muscle insertions and are therefore particularly vulnerable in youths to overload-related pathologies. Core measures in the prevention are a systematic planning of training and the avoidance of mechanical overtraining in the growth period. An exact imaging enables the diagnosis of apophyseal structural damage at an early stage, which in this phase can be healed by a pause in training and conservative measures.

### Keywords

High-intensity training · Systematic training plan · Mechanical overtraining · Growth period · Imaging

Apophysen sind per se ein **Locus minoris resistentiae** [16]. Für diesen Umstand sind mehrere Mechanismen verantwortlich, wobei hier die 4 zentralen angeführt werden sollen:

1. Das Längenwachstum der Knochen übt eine hohe Zugspannung auf den umhüllenden Muskelmantel aus, der auch mit einer zunehmenden Dysbalance und vornehmlichen Verkürzung der gelenkübergreifenden Muskulatur vergesellschaftet ist.
2. Über eine vermehrte wachstumsassoziierte STH(somatotropes Hormon)-Ausschüttung tritt eine Verminderung der mechanischen Belastbarkeit auf [17].
3. Die einstrahlenden Kollagenfaserbündel der Sehnen werden durch den Ossifikationskern unterbrochen und umgelenkt. Somit verändert der Ossifikationskern im Sehnenansatz selbst auch die biomechanische Belastbarkeit des Sehnenansatzes.
4. Strukturen des heranwachsenden, muskuloskeletalen Systems können in einer „Hierarchie“ von Belastbarkeit verstanden werden. Dabei weist die Wachstumsknorpelzone der Apophyse und Epiphyse die geringste Belastbarkeit auf, gefolgt von Sehnen und Muskeln sowie Ligamenten, die am widerstandsfähigsten sind. Insofern zählen Apo- und Epiphysen zu den vulnerabelsten Strukturen bei Kindern und Jugendlichen [18].

### ► Cave

Apophysen gelten als „Locus minoris resistentiae“.

Dislokationen von Fragmenten sind als pathologische Folge von Belastung selten, da das straffe Periost und Perichondrium an der Sehneninsertionsstelle dies verhindert. Dennoch reißt manchmal der angrenzende Knochen mit aus. Diese Verletzungen der Apophyse zusammen mit **Fragmentdislokationen** werden als Apophysenfraktur oder Avulsion bezeichnet. Wegweisend in Richtung Indikation für die operative Therapie ist die mechanische Irritation durch ossäre Fragmente.

Im Vordergrund der Diagnostik für apophysäre Schäden stehen die klinische Präsentation und Anamnese des Patienten. Meist können Verdachtsdiagnosen durch ein zusätzliches, **konventionelles Röntgen** ausreichend spezifisch unterstützt werden. Das Ausmaß der Verletzungen variiert interindividuell stark und reicht von einer Apophysitis bis hin zu Frakturen im Sinne von Avulsionen.

Das **klinische Beschwerdebild** zeigt sich zumeist unspezifisch mit Schmerzen und Schwellungen. Klassischerweise verstärkt passives Dehnen die Schmerzsymptomatik, wohingegen Ruhe diese Beschwerden vermindert. Obwohl das konventionelle Röntgen oftmals ausreichend spezifisch ist, muss dieses oft durch **Detailaufnahmen** ergänzt werden. Diese richten sich nach der Lokalisation und werden durch Dreh- oder Detailaufnahmen ergänzt. Beispielsweise muss dies oft beim Verdacht auf Apophysenschäden des Trochanter minor gemacht werden, wobei das betroffene Bein im Röntgen oft rotiert werden muss, um eine möglichst eindeutige Darstellung der Struktur zu erreichen.

► **Merke**

**Dehnen verschlimmert meist die Beschwerden betroffener Patienten.**

► **Cave**

**Das klinische Beschwerdebild zeigt sich zumeist unspezifisch.**

Die **Sonographie** kann bezogen auf die Sehnenbeteiligung helfen, den Zustand der Sehne und des knorpelig-knöchernen Überganges in der Apophyse zu beurteilen. Für die Darstellung der Vaskularisierung kann zusätzlich die Doppler-Technik helfen.

In manchen Fällen muss zusätzlich eine **MRT** veranlasst werden. Dies trifft besonders zu, wenn der – angenommene – Apophysenschaden an untypischen Stellen wie dem Tuber ischiadicum vermutet wird. Hier ist die Differenzialdiagnose oft schwierig, da osteolytische Veränderungen auch an Tumoren denken lassen bzw. diese vortäuschen.

Richtungsgebend in der Diagnostik ist dennoch das Wissen um die häufigen Fehldiagnosen bzw. die nicht diagnostizierten oder verspätet diagnostizierten Apophysenschäden. Häufiger „pitfall“ ist deren Verwechslung mit Muskelverspannungen [19].

► **Merke**

**Im Vordergrund der Diagnostik stehen die Klinik und die Anamnese.**

## Sport und Apophysenschäden

Sport im Kindes- und Jugendalter führt zu vermehrten Belastungen der Apophysen. Dadurch ist diese Gruppe in Zusammenschau mit den oben beschriebenen pathophysiologischen Mechanismen prädisponiert, apophysäre Verletzungen zu erleiden. Besonders **chronisch-repetitive Belastungen**, die häufig in Überlastungen münden, führen zu diesen Pathologien. Apophysenschäden sind in dieser Altersgruppe mit ca. 16% aller Verletzungen prominent vertreten [20]. Das Prädispositionsalter der Apophysenschädigung liegt zwischen dem 12. und 16. Lebensjahr. Jungen sind bis zu 9-mal häufiger betroffen als Mädchen. Als Ursachen für diese geschlechtsspezifischen Unterschiede werden die vermehrte Muskelmasse bei Jungen, die unterschiedliche Hormonsituation in der Pubertät und die differierende, geschlechtstypische Sportausübung diskutiert [20, 21, 22].

Erwähnenswert bleibt, dass die **Zugspannungskräfte** auf die Sehnenansätze auch oft ohne sportliche Überbelastung zu Unregelmäßigkeiten bei der Ossifikation dieser Knochenkerne füh-

ren können. Bei sportlich nicht oder wenig aktiven Kindern und Jugendlichen Apophysenschäden gänzlich auszuschließen wäre somit falsch. Die einseitige Belastung des Muskelmantels durch Training und die Wiederholung von sportartspezifischen Bewegungstereotypen sind jedoch die maßgeblich treibenden Faktoren. Somit treten manifeste Ossifikationsstörungen mit partieller Abhebung, Frakturierung oder Kondensierung der Apophysen auf. Auch einzelne Traumata mit punktuellen Belastungsspitzen und abrupter Muskelanspannung können neben der chronisch-repetitiven Belastung diese vulnerable Struktur an ihre Grenze hin zu Verletzungen im Sinne einer **Avulsion** führen. Der klassische Verletzungsmechanismus betrifft zweigelenkige Muskeln: Dabei spannt ein Gelenk in Endstellung die Muskelgruppe vor, und eine ruckartige Streckbewegung des anderen Gelenks führt zum Schaden an den apophysären Sehnenansätzen. Ein augenscheinliches Beispiel dafür stellt der „Hürdenschritt“ dar. Dabei wird die Hüfte flektiert zusammen mit einer akzentuierten Streckbewegung im Kniegelenk.

► **Cave**

**Chronisch-repetitive Belastungen führen häufig zu Überlastungen.**

Beim ausgereiften Skelettsystem führt dieser Verletzungsmechanismus typischerweise zum Muskeleinriss. Beim heranwachsenden muskuloskeletalen System führt dies eher zu Schädigungen im Apophysenbereich der Sehne. Ein zentrales Thema im Zusammenhang mit intensiver Sportausübung im Kindes- und Jugendalter sind muskuläre Dysbalancen aufgrund von **sportartspezifischen Adaptationsphänomenen** der Muskulatur mit wiederum sportartspezifischen Muskeldysbalancen. Typische Beispiele dafür sind ausgeprägte Psoas-, Ischiocrural- und Rectus-femoris-Verkürzungen bei Fußballern, Handballern oder Tennisspielern.

Abhängig vom sportartspezifischen Belastungsmuster treten die apophysären Schäden an typischen Lokalisationen auf. Beispielsweise zeigen sich bei Fußballern oder Basketballern, dem Belastungsmuster mit forcierten Kniestreck- und Hüftbeugebewegungen folgend, Apophysenstörungen im Bereich der Patellasehneninsertion an der Tuberositas tibiae wie beim Morbus Schlat-ter sowie im Bereich der Rectus-femoris-Insertion an der Spina iliaca anterior inferior häufig. Daher sind spezifische Typen von Apophysenverletzungen klassischerweise spezifischen Sportarten zuzuordnen. Bei Kohortenuntersuchungen mit Muskelfunktions-tests von 12- bis 16-Jährigen konnten eindeutige **sportartspezifische Muskeldysbalancen** festgestellt werden: Schwimmer zeigten kaum verkürzte Muskulatur an der unteren Extremität, während Ballsportler wie Fußball-, Basketball-, Volleyball- oder Tennisspieler hohe Raten verkürzter Muskeln zeigen. Die Häufigkeit von Knie- und Leistenschmerzen in diesen Sportarten unterstreicht die Bedeutung dieser hier oft überlasteten Strukturen [23]. Weitere Reihenuntersuchungen von 2567 Sportlern von Steinbrück et al. haben 57 Apophysenschäden am Becken festgestellt, 94% davon betrafen Jungen. Die häufigste Sportart war Fußball, gefolgt von Leichtathletik (Sprint, Sprung). Die am häufigsten betroffenen Strukturen am Becken sind die Spina iliaca anterior superior mit dem Ansatz des M. tensor fascia latae und des M. satorius (**Abb. 1**), die Spina iliaca anterior inferior mit dem Rectusansatz des M. qua-



**Abb. 1** ▲ Avulsion der Spina iliaca anterior superior

driceps, der Tuberositas tibiae mit dem Ansatz der ischiokruralen Muskeln, von Adduktorenanteilen und des M. quadratus femoris sowie der Trochanter minor mit dem Ansatz des M. iliopsoas [24].

Als mögliche Folgen nach apophysären Verletzungen werden unterschiedliche **Komplikationen** diskutiert. Darunter fallen Pseudarthrosen, Kallusformierungen, Fehldiagnosen u. v. m. Im Zentrum dieser Diskussionen steht aber die potenzielle Behinderung des Wachstums [25, 26, 27].

Differenzialdiagnostisch sollten sowohl Tumoren als auch Infektionen in Betracht gezogen werden [28].

Schlüssel für die erfolgreiche Behandlung bleibt die **frühe Diagnose**.

Sobald bei jungen Athleten Schmerz auftritt, muss das Training sofort unterbrochen werden und ein Sportorthopäde bzw. Sporttraumatologe konsultiert werden. Wesentliche Säulen einer rationalen Präventionsstrategie von Apophysenschäden betreffen nicht nur einen Bereich, sondern müssen interdisziplinär und multiprofessionell umgesetzt werden, um nachhaltig erfolgreich zu sein. Das betrifft v. a. den ärztlichen Bereich, den Trainingsbereich als auch das soziale Umfeld.

## Apophysenschäden an der unteren Extremität

### Trochanter minor

Der M. iliopsoas zieht von der Wirbelsäule und dem Becken an das Femur und inseriert mit einer kräftig ausgebildeten Sehne am Trochanter minor des Femurs. Die Apophyse tritt dort um das 12. Lebensjahr im Sehnenansatz auf. Sobald eine **forcierte Hüftflexion** gegen Widerstände geschieht wie bei Schussbewegungen, Sprints oder Abbremsmanövern im Laufzyklus im Rahmen verschiedener Ballsportarten wie Fußball, Basketball, Volleyball oder beim Laufen, entstehen ebendort Be- und Überlastungen. Diese Bewegung zählt zu den häufigsten Ursachen von Avulsionen in diesem Bereich [29]. Klinisch präsentiert sich der junge Sportler mit stechenden Schmerzen bei Bewegung in der Leistenregion, bei hinkendem Gangbild und flektierter Schonhaltung im Hüftgelenk. Bei der Diagnostik ist zu beachten, dass das Röntgenbild im **a.-p.-Strahlengang** etwas außenrotiert aufgenommen werden

soll. Somit kommt die Apophyse besser zur Darstellung. Im Seitenvergleich fällt eine Verbreiterung auf, die manchmal mit einer ausgiebigen Dislokation des Ossifikationskerns kombiniert ist.

### Morbus Osgood-Schlatter

Eine repetitiv-chronische Überlastung und eine damit vergesellschaftete Avulsion der Apophyse an der Tuberositas tibiae wird in der Literatur als Morbus Osgood-Schlatter beschrieben [16, 30]. Die pathomorphologische Zuordnung zu den aseptischen Knochennekrosen ist veraltet und konnte durch neuere Untersuchungen nicht bestätigt werden. Vielmehr überbrückt der mächtige M. quadriceps femoris mit der Patellasehne das Kniegelenk, wobei durch das anteilmäßig größte Wachstum der Epiphysenfuge des distalen Femurs ein enormer Zug auf die Sehneninsertion auftritt. Durch zusätzliche sportliche Belastung wie in Ball- oder Schlag-sportarten kommt es zur chronischen Dislokation dieser Apophyse mit sekundären Ossifikationserscheinungen oder zum akuten Ausriss der Apophyse [31]. Diese **Ossikel** in der ansatznahen Sehne sind relativ selten (<10%) schmerzhaft und müssen nach Wachstumsabschluss entfernt werden. Das klinische Erscheinungsbild ist gekennzeichnet durch eine prominent und schmerzhaft auf Druck reagierende Tuberositas tibiae. Im Röntgen zeigen sich eine Anhebung und Verbreiterung der Apophyse mit oft unregelmäßigen Ossifikationen. Im Ultraschall ist oft eine Bursa unterhalb des Lig. patellae vor dem Hoffa zu erkennen, die vermehrt vaskularisiert und entzündlich verändert ist. Oft ist auch der eigentliche Schmerz ursächlich durch diese **Bursitis** bedingt. Die knorpelig-knöcherner Übergangszone ist ähnlich einer Wachstumsfuge struk-



**Abb. 2** ▲ Morbus Osgood-Schlatter. Man erkennt eine Zerklüftung und Fragmentation des apophysealen Knochenkerns an der Tuberositas tibiae. Diese erscheint insgesamt deutlich verplumpt (a) mit feinzipfeligen Ausläufern oder etwas scholligeren Ausläufern (b). Weiter zeigt sich bei beiden Patienten ein kleines knöchernes Fragment in der verdickt imponierenden Patellasehne. Für die Diagnostik reicht im Regelfall das konventionelle Röntgen aus, im Zweifelsfall kann eine Magnetresonanztomographie (MRT) durchgeführt werden

turiert und unregelmäßig konfiguriert. In schweren Fällen kann sich die gesamte Epiphyse angehoben und etwas nach dorsal disloziert präsentieren. Folge daraus ist ein Extensionsdefizit durch den vermehrten Slope. Als präventive Maßnahme ist besonders bei Ballsportarten wie Fußball oder Basketball [32] auf die Reifung der tibialen Epiphyse zu achten. Hier kann sich ein schnabelartiger Fortsatz in Richtung Tuberositas tibiae formen, der in weiterer Folge zu Wachstumsabschluss mit der Tibia fusioniert. Tritt eine Fragmentierung und Dislokation dieser Strukturen auf, ist eine Reduktion der Belastung dringend indiziert. Im Spätstadium liegen oft gerundete Ossikel in der Patellasehne, die Tuberositas erscheint verklumpt, gelegentlich auch ausgezipfelt (Abb. 2).

Als therapeutische Intervention sind Schonung, Kryotherapie und eine adaptierte, sportliche Aktivität anzuraten. Besonders die Reduktion von Bewegungsabläufen, die aus forcierten Endlagen strecken oder ähnliche Belastungsspitzen bedingen, ist zu vermeiden. Dies betrifft konkret Sprung- und Laufbelastungen. Auch kurzzeitige **Sportpausen** sind zentral. Das langfristige Ziel in Zusammenarbeit mit der Physiotherapie muss die Wiederherstellung der Muskelbalance der Oberschenkelmuskulatur sein. Bei Persistenz der Beschwerden und Ausbildung eines intratendinösen Ossikels muss die Exzision des Knochenfragments angedacht werden [33, 34, 35].

### Morbus Sinding-Larsen-Johansson

Der Morbus Sinding-Larsen-Johansson ist vom Morbus Osgood-Schlatter abzugrenzen. Beide Erkrankungen stehen im Zusammenhang mit dem Streckapparat des Knies bei Kindern und Jugendlichen. Jedoch wird hier ein Schmerzsyndrom am proximalen Patellasehnenansatz, der mit einer tendinösen Überlastung der Insertionsstelle am distalen Patellapol einhergeht, beschrieben.

Diese Erkrankung kann – aus einer pragmatisch-klinischen Sicht – als „jumper's knee“ bezeichnet werden. Die Tendinose besteht hier am **Patellapol** mit intratendinösen Sehnenveränderungen. Diese zeigt sich mit Überlastungsnekrose oder Partialrupturen. Folge davon sind oft kalkdichte, schollige Veränderungen am distalen Patellapol. Typisch sind die Druckschmerzhaftigkeit des distalen Patellapols [36] sowie Signalalterationen des tendinösen Überganges im Ultraschall und in der MRT.



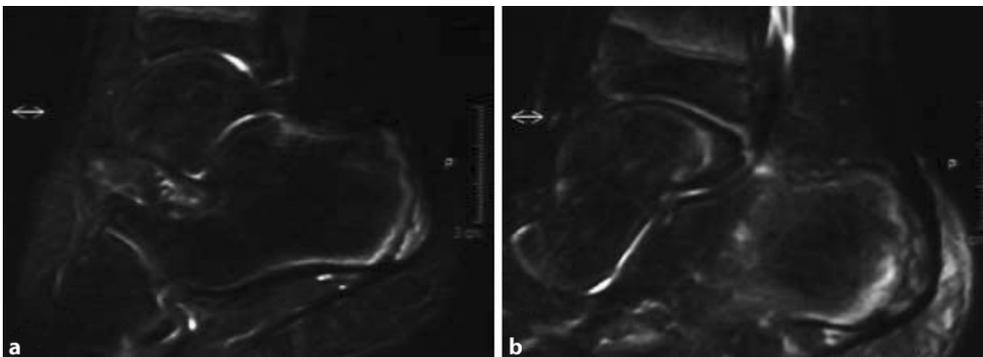
**Abb. 3** ▲ Überlastungsschaden der Kalkaneusapophyse bei einem 12-jährigen Fußballer mit einer verstärkten Sklerosierung und Verbreiterung der Apophyse. Manchmal lässt sich auch eine Fragmentation (nicht bei diesem Patienten!) nachweisen

### Morbus Sever

Schmerzhafte Überlastungen der **Kalkaneusapophyse** werden als Morbus Sever bezeichnet. Der Morbus Sever tritt gehäuft bei fußbetonten Sportarten wie Basketball oder Fußball, aber auch im Lauf- und Sprungsport auf [30, 37]. Klassischerweise präsentieren sich betroffene Patienten mit einem Druckschmerz der Ferse von plantar und dorsal unterhalb des Achillessehnenansatzes. Im Röntgen erscheint die Apophyse verbreitert, gelegentlich fragmentiert und kondensiert (Abb. 3). In der Diagnostik muss bedacht werden, dass auch die Apophyse bei Fersen von Gesunden sehr vielgestaltig ausgeformt sein kann. Dieser Umstand erschwert oft eine genaue Zuordnung. In der zusätzlichen MRT (Abb. 4a, b) ist daher meist ein Knochenödem im Bereich der fragmentierten Apophyse sichtbar und wegweisend. Therapeutisch im Vordergrund stehen wieder die **konservative Behandlung** mit Einlagenversorgung und Schuhzurichtungen mit Fersendämpfung sowie das Dehnen der Wadenmuskulatur.

### Apophysenschäden an der oberen Extremität

In Summe sind Apophysenschäden an der oberen Extremität seltener verglichen mit der unteren Extremität. Dies kann unter anderem dadurch erklärt werden, dass die am häufigsten ausgeübten Sportarten wie Fußball oder Basketball primär die untere Extremität belasten.



**Abb. 4** ◀ Zwei PatientInnen (a, b) mit MR(Magnetresonanz)-Korrelat zur sagittalen STIR-Sequenz mit inhomogenem Signalverhalten der Apophyse. Es finden sich hyperintense Signalanhebungen (Knochenmarködem) sowie auch hypointense Areale. Auch das umgebende Weichteilgewebe kommt auf der STIR-Sequenz hyperintens zu Darstellung als Hinweis auf eine lokale Entzündung

## Ellenbogen – „little league elbow“

Apophysenschäden am medialen Epikondylus des Ellenbogens werden als „little league elbow“ bezeichnet. Davon betroffen sind typischerweise junge Baseballspieler. Die chronisch-repetitiven **Wurfbewegungen** zusammen mit dem **Valgusstress** während der Beschleunigungsphase scheinen ätiopathologisch im Zentrum zu stehen.

Hang et al. fanden in einer retrospektiven Studie, dass 70 % der Fänger und 63 % der Werfer unter Little-League-Spielern eine Separierung des medialen Epikondyls aufwiesen. Von diesen waren 56 % bzw. 49 % symptomatisch [38].

Der berühmte Sportorthopäde Lyle Micheli [39] hat das Problem des Kindersports sehr prägnant dargestellt: „too much, too soon“.

### Fazit für die Praxis

- **Zentrale Ursache für Apophysenschäden stellen Trainingsfehler mit zu hohen Belastungen zu einem biologisch zu frühen Zeitpunkt dar.**
- **Die Apophysen sind als Locus minoris resistentiae in der Muskel-Sehnen-Knochen-Kette das schwächste Glied und können bei übermäßiger Beanspruchung oder abrupten Belastungen im Sinne von akuten und chronischen Avulsionen geschädigt werden.**
- **Zentrale Maßnahmen in der Prävention sind eine systematische Trainingsplanung und die Vermeidung mechanischer Überbeanspruchung im Wachstumsalter.**
- **Eine exakte Bildgebung ermöglicht die Diagnose von Frühstadien apophysärer Strukturschäden, die in dieser Phase durch Trainingspause und konservative Maßnahmen geheilt werden können.**
- **Das Fortsetzen des Trainings bei Apophysenschäden führt zu ausgeprägten Verformungen und Umbauprozessen an den Apophysen, die oft nachhaltig die Belastbarkeit des Bewegungsapparates beeinflussen.**
- **Sportorthopädische Probleme im Kindesalter sind in vielen Fällen vermeidbar.**

### Korrespondenzadresse

#### Univ. Prof. Dr. Stefan Nehrer

Zentrum für Regenerative Medizin, Donau Universität Krems  
Dr. Karl-Dorrek-Str. 30, 3500 Krems, Österreich  
stefan.nehrer@donau-uni.ac.at

**Funding.** Open access funding provided by Danube University Krems University for Continuing Education.

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

**Autoren.** **M. Neubauer:** A. Finanzielle Interessen: M. Neubauer gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Assistenzarzt für Orthopädie UK Krems, Researcher ZRM Donau Universität. **S. Nehrer:** A. Finanzi-

elle Interessen: S. Nehrer gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: FA für Orthopädie und orthopädische Chirurgie, Zusatzfach Sportorthopädie Standortleiter Abteilung für Orthopädie Uniklinikum Krems, Leiter Zentrum für Regenerative Medizin der Donau Universität Krems.

**Wissenschaftliche Leitung.** Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf [www.springermedizin.de/cme](http://www.springermedizin.de/cme).

**Der Verlag** erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patienten zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern eine schriftliche Einwilligung vor.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

## Literatur

1. Caine D, Maffulli N, Caine C (2008) Epidemiology of injury in child and adolescent sports: injury rates, risk factors, and prevention. *Clin Sports Med* 27(vii):19–50
2. Caine D, Caine C, Maffulli N (2006) Incidence and distribution of pediatric sport-related injuries. *Clin J Sport Med* 16:500–513
3. Shephard RJ (1984) Physical activity and child health. *Sports Med* 1:205–233
4. Maffulli NP, Longo UG, Spiezia F et al (2011) Aetiology and prevention of injuries in elite young athletes. *Med Sport Sci* 56:187–200
5. Caine D, DiFiori J, Maffulli N (2006) Physeal injuries in children's and youth sports: reasons for concern? *Br J Sports Med* 40:749–760
6. Caine DJ, Maffulli N (2005) Epidemiology of children's individual sports injuries. An important area of medicine and sport science research. *Med Sport Sci* 48:1–7
7. Caine D, Howe W, Ross W et al (1997) Does repetitive physical loading inhibit radial growth in female gymnasts? *Clin J Sport Med* 7:302–308
8. Caine D, Roy S, Singer KM et al (1992) Stress changes of the distal radial growth plate. A radiographic survey and review of the literature. *Am J Sports Med* 20:290–298
9. Longo UG, Ciuffreda M, Locher J, Maffulli N, Denaro V (2016) Apophyseal injuries in children's and youth sports. *Br Med Bull* 120(1):139–159
10. Caine D (1990) Growth plate injury and bone growth: an update. *Pediatr Exerc Sci* 2:209–229
11. Caine D (2003) Injury and growth. In: Sands WA, Caine D, Borms J (Hrsg) Scientific aspects of women's gymnastics, Bd. 45. Karger, Basel, S 46–71
12. Maffulli N, Margiotti K, Longo UG et al (2013) The genetics of sports injuries and athletic performance. *Muscles Ligaments Tendons J* 3:173–189
13. Pöschl M (1971) Juvenile Osteochondronekrosen. In: Pöschl M (Hrsg) Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd. V/4. Springer, Berlin Heidelberg, New York, S 824
14. Nehrer S, Huber W, Dirisamer A et al (2002) Apophyseal damage in adolescent athlete. *Radiologie* 42(10):818–822
15. Ogden JA (2000) *Skeletal Injury in the Child*. Springer, New York
16. Ogden JA, Hempton RF, Southwick WO (1975) Development of the tibial tuberosity. *Anat Rec* 182:431
17. Morscher E, Desaulles PA (1964) Die Festigkeit des Wachstumsknorpels in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. *Schweiz Med Wochenschr* 17:582
18. Micheli LJ, Fehlandt AF Jr. (1992) Overuse injuries to tendons and apophyses in children and adolescents. *Clin Sports Med* 11:713–726

19. Moeller JL (2003) Pelvic and hip apophyseal avulsion injuries in young athletes. *Curr Sports Med Rep* 2:110–115
20. Maffulli N (1992) The growing child in sport. *Br Med Bull* 48:561–568
21. Steinbrück K, Krahl H (1985) Apophysäre Frakturen am Becken bei Jugendlichen. In: Pfförringer W, Rosemeyer B, Bär HW (Hrsg) *Sport – Trauma und Belastung*. Perimed, Erlangen, S 545–560
22. Rossi F, Dragoni S (2001) Acute avulsion fractures of the pel-vis in adolescent competitive athletes: prevalence, location and sports distribution of 203 cases collected. *SkeletRadiol* 30:127–131
23. Nehrer S, Petschnig R, Engel A (1999) Muskeldysbalancen bei jugendlichen Leistungssportlern. DGOT, Wiesbaden
24. Kral H, Radas C, Pieper HG (1997) Jugendliche Apophysen und Epiphysenverletzungen. In: Engelhardt M, Hintermann B, Segesser B (Hrsg) *GOTS-Manual Sporttraumatologie*. Huber, Bern Göttingen Toronto Seattle
25. Maffulli N, Longo UG, Spiezia F et al (2010) Sports injuries in young athletes: long-term outcome and prevention strategies. *Phys Sportsmed* 38:29–34
26. Dunsmuir RA, Barnes SJ, McGarrity G (2006) “Goalkeeper’s hip”: acute haematogenous osteomyelitis secondary to apophyseal fractures. *Br J Sports Med* 40:808–809
27. Barnes ST, Hinds RB (1972) Pseudotumor of the ischium. A late manifestation of avulsion of the ischial epiphysis. *J Bone Joint Surg Am* 54:645–647
28. Stevens MA, El-Khoury GY, Kathol MH et al (1999) Imaging features of avulsion injuries. *Radiographics* 19:655–672
29. Dimon JH (1972) Isolated fracture of the lesser trochanter of the femur. *Clin Orthop* 82:144
30. Kvist M, Kujala U (1984) Osgood Schlatter’s and Sever’s disease in young athletes. *Duodecim* 100:142–150
31. Schroers K-FMU (1990) Apophysenausriß der Tuberositas tibiae beim Schifahren. *Sportverletz Sportschaden* 4:193–1195
32. Kakavelakis et al (2003) Soccer injuries in childhood. *Scand J Sport Med* 13:175–117
33. Engel A, Windhager R (1987) Der Stellenwert des Ossikels und der Therapie bei Morbus Osgood-Schlatter. *Sportverletz Sportschaden* 2:100–108
34. Pihlajamäki HK, Visuri TI (2010) Long-term outcome after surgical treatment of unresolved Osgood-Schlatter disease in young men: surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 92(Suppl 1, Part 2):258–264
35. Halilbasic A, Avdic A, Kreso A, Begovic B, Jaganjac A, Maric M (2012) Importance of clinical examination in diagnostics of Osgood-Schlatter Disease in boys playing soccer or basketball. *Journal of Health Sciences* 2(1):21. <https://doi.org/10.17532/jhsci.2012.59>
36. Iwamoto J et al (2009) Radiographic abnormalities of the inferior pole of the patella in juvenile athletes. *Keio J Med* 58(1):50–53
37. Kainberger F et al (2007) Overuse syndromes of the foot. *Radiologe* 47(3):210–215
38. Hang DW, Chao CM, Hang YS (2004) A clinical and roentgenographic study of little league elbow. *Am J Sports Med*. <https://doi.org/10.1177/0095399703258674>
39. Micheli LJ, Gerbino PG (1979) Epidemiology of children’s sports injuries. *Orthop Trans* 3:88

# Doppelt punkten!

Schon gewusst: Als Abonnent von *Der Orthopäde* nehmen Sie kostenlos an Fortbildungen von *Der Unfallchirurg* teil!



Aktuelle Fortbildungen in  
*Der Unfallchirurg*

- Patellaluxation
- Verletzungen des Sternoklavikulargelenks
- Nekrotisierende Fasziiitis
- Sprunggelenkfrakturen im Kindes- und Jugendalter
- Leitliniengerechte Diagnostik bei Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule
- Distale Femurfrakturen
- Unterschenkelfrakturen

Springer Medizin

[www.SpringerMedizin.de/cme](http://www.SpringerMedizin.de/cme)



Gratis  
teilnehmen!

So nehmen Sie teil:

1. Melden Sie sich auf [SpringerMedizin.de/cme](http://SpringerMedizin.de/cme) mit Ihren Zugangsdaten an.
2. Es werden Ihnen automatisch die Fortbildungen beider Zeitschriften angezeigt. Um den Service nutzen zu können, muss Ihre Abonummer unter „Meine Daten“ hinterlegt sein.
3. Gewünschte Fortbildung auswählen, „Kurs starten“ und CME-Punkte sammeln.





## Apophysenschäden im Sport

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf [www.springermedizin.de/kurse-der-orthopaede](http://www.springermedizin.de/kurse-der-orthopaede)

**? Welche ist eine der häufigsten Fehldiagnosen im Falle apophysärer Verletzungen?**

- Fraktur
- Muskeleinriss
- Knorpelfraktur
- Muskelverspannung
- Tendinopathie

**? Welcher Risikofaktor beschreibt am treffendsten den pathophysiologischen Mechanismus für apophysäre Verletzungen?**

- Chronisch-repetitiv
- Zyklisch-repetitiv
- Explosiv
- Isometrisch
- Statisch

**? Welche Hierarchie des heranwachsenden muskuloskeletalen Systems bezogen auf Belastbarkeit – beginnend mit der schwächsten – ist korrekt? (Muster: schwächste Struktur < ... < stärkste Struktur)**

- Apophysen/  
Epiphysen < Sehnen < Muskeln < Ligament
- Sehnen < Apophysen/  
Epiphysen < Muskeln < Ligament
- Apophysen/  
Epiphysen < Ligament < Sehnen < Muskeln
- Apophysen/  
Epiphysen < Muskeln < Sehnen < Ligament
- Ligament < Muskel < Sehnen < Apophysen/  
Epiphysen

**? Wie viel Prozent stellen in etwa die apophysären Verletzungen in der Altersgruppe von Kindern und Jugendlichen dar?**

- 50%
- 23%
- 34%
- 90%
- 16%

**? Zu welcher Verletzung führt typischerweise der Pathomechanismus der Apophysenverletzung (Gelenk in Endstellung mit vorgespannter Muskelgruppe – ruckartige Streckbewegung des anderen Gelenks) bei Erwachsenen?**

- Ligamentruptur
- Knorpelfraktur
- Knochenfraktur
- Muskeleinriss
- Typischerweise keine Verletzung

**? Wie ist das Verhältnis von apophysären Verletzungen bezogen auf das Geschlecht (m:f)?**

- 9:1
- 8:1
- 7:1
- 6:1
- 5:1

**? Welche First-line-Therapie ist bei den meisten apophysären Verletzungen nötig und oft ausreichend?**

- Physiotherapie
- Muskuläre Stärkung
- Trainingspause + Trainingsplanadaptation
- Dehnungsübungen
- Operative Sanierung

**? Welche anatomische Struktur ist beim „little league elbow“ betroffen?**

- Medialer Epikondylus
- Lateraler Epikondylus
- Caput radii
- Olekranon
- Tuberositas radii

**? Ein junger Sportler (männlich, 12. Lebensjahr) präsentiert sich in Ihrer Sprechstunde mit folgendem Symptombild: stechender Leistenschmerz bei Bewegung, hinkend, flektierte Schonhaltung. Für den potenziellen Fall einer apophysären Verletzung denken Sie an welche Struktur?**

- Trochanter minor
- Trochanter major
- Tuberositas tibiae
- Kalkaneus
- Tuber ischiadicum

### Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

**Anerkennung in Österreich und der Schweiz:** Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von

deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013). Die Schweizerische Gesellschaft für Orthopädie vergibt 1 Credit für die zertifizierte Fortbildung in „Der Orthopäde“.

#### Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf [www.springermedizin.de/cme](http://www.springermedizin.de/cme) möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med- und e.Dent-Abonnenten.
- Abonnenten von „Der Orthopäde“ oder „Der Unfallchirurg“ können kostenlos an CME-Kursen beider Zeitschriften teilnehmen.

? Ein junger Sportler (männlich, 13. Lebensjahr) präsentiert sich mit Schmerzen in der Region des proximalen Unterschenkels bzw. distal der Patella. Sie denken an einem Morbus Osgood Schlatter. Bei der klinischen Untersuchung zeigt sich der Hauptschmerzpunkt jedoch eher am distalen Patella-pol. An welche Erkrankung denken Sie differenzialdiagnostisch?

- Morbus Sever
- Morbus Sinding-Larsen-Johansson
- Morbus Haglund
- Morbus Perthes
- Morbus Renander



## Unsere Top-CME-Beiträge 2020

Hier präsentieren wir Ihnen die drei von unseren Lesern am besten bewerteten CME-Beiträge aus *Der Orthopäde* 2020. Jedem Teilnehmer wird nach der Bearbeitung eines Beitrags der Rubrik **CME Zertifizierte Fortbildung** die Möglichkeit geboten, diesen ausführlich zu bewerten. Dabei erzielten diese Beiträge Höchstnoten. Im Namen der Schriftleitung und der Herausgeber von *Der Orthopäde*, bedanken wir, die Redaktion, uns bei den Autoren für das außerordentliche Engagement beim Verfassen der Beiträge.



### Native Gelenkinfektionen

H.M.L. Mühlhofer, S. Feihl, I. Banke et al.

*Der Orthopäde* 02/2020

Bewertung nach Schulnoten: 1,756

Zertifiziert bis: 18.02.2021



### Implantatassoziierte Gelenkinfektionen

H.M.L. Mühlhofer, S. Feihl, C. Suren et al.

*Der Orthopäde* 03/2020

Bewertung nach Schulnoten: 1,810

Zertifiziert bis: 13.03.2021



### Nervenkompressionssyndrome der oberen Extremität

M. Zborilova, J. Grifka und L. Parik

*Der Orthopäde* 12/2020

Bewertung nach Schulnoten: 1,827

Zertifiziert bis: 01.12.2021

